

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Facultad de Ciencias del Mar
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

“EXPLORACIÓN Y VALIDACIÓN DE MARCAS DE CRECIMIENTO EN ESTRUCTURAS DURAS DE JAIBA AZUL *Callinectes arcuatus* (ORDWAY 1863) EN SINALOA”

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

ROSA MARÍA DE JESÚS SAUCEDA LUNA

DIRECTORES DE TESIS:

**NICOLÁS CASTAÑEDA LOMAS
GUILLERMO RODRIGUEZ DOMINGUEZ**

ASESORES:

**JORGE SAUL RAMIREZ PEREZ
JOSE ADAN FELIX ORTIZ**

Culiacán, Sinaloa DICIEMBRE 2016

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ROSA MARÍA DE JESÚS SAUCEDA LUNA**,
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO
APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

Dr. NICOLAS CASTAÑEDA LOMAS.

CO-DIRECTOR

Dr. GUILLERMO RODRIGUEZ DOMINGUEZ.

ASESOR

MC. JOSE ADAN FELIX ORTIZ.

ASESOR

DR. JORGE SAUL RAMIREZ PEREZ.

CULIACÁN, SINALOA, DICIEMBRE 2016

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
IV. HIPÓTESIS	7
V. OBJETIVOS	7
5.1.-OBJETIVO GENERAL:	7
5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	7
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	8
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	8
6.2 TRABAJO DE CAMPO	9
6.3 EXPERIMENTO DE LABORATORIO	11
6.4 TRABAJO DE LABORATORIO	13
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
7.1.- ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS DURAS UTILIZADAS.....	15
7.2 RELACIÓN ENTRE EL ANCHO DE LA CUTÍCULA Y EL ANCHO DE CEFALOTÓRAX	20
7.3 RELACIÓN ENTRE NÚMERO DE MARCAS DE CRECIMIENTO Y ANCHO DEL CEFALOTÓRAX.....	22
7.4 EXPERIMENTO DE LABORATORIO	24
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. LITERATURA CITADA	33
X. ABREVIACIONES	36
XI. GLOSARIO	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: A) selección de organismos por intervalo de talla y sexo: B) selección de organismos por sexo. C) Identificación de molino gástrico. D) colecta de organismos con trampas tipo Chesapeake.....	10
Figura 2: A) sistema de bombeo y filtro. B) sistema de recirculación de agua donde se mantienen las jaibas. C) una jaiba por caja D) Jaiba sin pedúnculo ocular derecho.	12
Figura 3: A) Estructuras colocadas en resina epoxica. B) Corte de 120 micras. C) Observación de cortes. D) fotografía de cortes.....	14
Figura 4: Molino gástrico y dientes de <i>Callinectes arcuatus</i> mostrando la posición de los dientes laterales (1) y el diente medio (2).....	15
Figura 5: Pedúnculos oculares de <i>C. arcuatus</i>	16
Figura 6: Estructuras observadas en microscopio óptico. 1) Diente medio de molino gástrico. 2) Diente lateral de molino gástrico 3) Pedúnculos oculares.	17
Figura 7: Capas de la cutícula del pedúnculo ocular de <i>Callinectes arcuatus</i>	18
Figura 8: Comparación del “Patrón de marcas primarias” entre pedúnculo izquierdo y derecho de un mismo ejemplar de <i>C. arcuatus</i> (arriba: jaiba hembra de 111 mm de AC, abajo ejemplar hembra de 84 mm de AC).....	19
Figura 9: Relación entre el grosor de la cutícula entre los pedúnculos oculares de un mismo ejemplar de jaiba azul <i>C. arcuatus</i>	20
Figura 10: Relación entre el grosor del pedúnculo ocular y el ancho del cefalotórax en Machos y Hembras de <i>C. arcuatus</i>	21
Figura 11: Relación del número de marcas con respecto al ancho de cefalotórax (mm).....	22
Figura 12: Relación entre el incremento de grosor de pedúnculo ocular y los días de cultivo	24
Figura 13: Relación del incremento del grosor del pedúnculo ocular y el ancho de cefalotórax.....	25
Figura 14: Relación del incremento del grosor del pedúnculo ocular y el número de mudas.	26
Figura 15: Relación del incremento de marcas con respecto a los días de cultivo	28
Figura 16: Relación del ancho de cefalotórax con respecto a la edad de <i>Callinectes arcuatus</i>	29

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico primeramente a Dios, que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, por ello que con toda la humildad de mi corazón puede emanar, se la dedico a él.

De igual manera se la dedico a mi mamá (abuelita †) Genoveva, gracias por darme la fortaleza y la enseñanza para elegir las mejores decisiones en esta vida, por hacerme una mujer fuerte aun y en las caídas más fuertes de la vida.

Mi querida viejecita, mi madre Concepción primeramente por darme la vida, por apoyarme en mi formación profesional, el apoyo incondicional y sobre todo por ser mi ejemplo de vida.

A mi amado esposo Raymundo Esquivel (yoqu) con todo mi amor y cariño por el sacrificio y esfuerzo de su tiempo en los muestreos y experimento para la realización del proyecto, por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su apoyo, cariño, comprensión y amor.

A la Bióloga Ruth Garduño, quien es una pieza clave en esta etapa de mi vida, ya que sin usted no habría llegado a esta meta, le agradezco mucho todos esos consejos que me ha brindado tanto en lo personal como en lo profesional, por todo el apoyo brindado en la realización de los muestreos y por alentarme en cada obstáculo que se me presento en esta etapa de la vida muchas gracias.

A mis amigos Yoshi, Carlos, Manuel, Tania, Yanira, Cesar y Emynick que siempre estuvieron apoyándome cuando lo necesite sin pedirme nada a cambio, ustedes me acompañaron a lo largo de este proceso, les agradezco la confianza, el tiempo brindado y sobre todo la amistad adquirida durante este trayecto de vida.

A mi familia por entender y comprender mi ausencia en los eventos más trascendentales.

Gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto CONACYT 231525 del Fondo de Apoyo a la Infraestructura y Equipamiento Científico (INFR-2014-01-231525) y por su apoyo con la beca otorgada (568329).

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por ser mi alma mater.

A la Facultad de Ciencias del Mar y al el Colegio de Ciencias Agropecuarias por darme la oportunidad de realizar la maestría.

A los miembros de mi comité evaluador Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico para guiarme en la realización del proyecto, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo durante el desarrollo del proyecto. Dr. Nicolás Castañeda Lomas por aceptarme una vez más como tesista, por la confianza brindada y por cada una de sus sugerencias para la realización de la tesis. Dr. Jorge Saúl Ramírez Pérez por sus acertadas sugerencias y recomendaciones para la mejora del proyecto. MC. José Adán Félix Ortiz por las observaciones y recomendaciones al momento de la realización del manuscrito.

Al Dr. Gustavo Montes de Oca por el apoyo brindado en la realización del acuario de jaibas.

A mis compañeros de la generación de Maestría de Ciencias Agropecuarias 2013-2015.

A la MC. Olga Olivia Zamudio Armenta por proporcionarnos material de bombeo de agua para mantener el acuario.

A la MC. Gloria Ana María Arroyo Bustos por guiarme en la toma de fotografías en el microscopio y sobre todo por su valiosa amistad.

A Rocío Flores Vega y Luz María García por el apoyo en el análisis de imagen.

RESUMEN

“Exploración y validación de marcas de crecimiento en estructuras duras de jaiba azul *Callinectes arcuatus* (ordway 1863) en Sinaloa”

Rosa María de Jesús Saucedo Luna

La asignación de edad en organismos silvestres, sujetos a pesca, es un dato necesario para estimar la tasa de crecimiento de la especie en cuestión y que se requiere para el desarrollo de modelos de evaluación del recurso. Las estructuras duras de los organismos son utilizados para identificar marcas de crecimiento y la periodicidad de su formación, sin embargo, en crustáceos las estructuras duras comprenden el exoesqueleto el cual es mudado repetidas veces en etapas del crecimiento del organismo, por tal razón se creía que no era útil para identificar las marcas de crecimiento y asignación de edad, sin embargo Kilada et al (2012) pudieron identificar marcas de crecimiento y asignar edad en varias especies de crustáceos y comprobaron que las marcas son permanentes aún después de cada muda. En este trabajo se realizaron cortes longitudinales del pedúnculo ocular y molino gástrico de *Callinectes arcuatus* con el fin de explorar la presencia de marcas de crecimiento y se desarrolló un experimento de laboratorio para identificar la periodicidad de formación de la marca. Se pudo identificar marcas secundarias de crecimiento, no así las marcas primarias, lo cual se atribuye al corto ciclo de vida de esta especie y el escaso número de ejemplares mayores a un año. La relación entre grosor del pedúnculo ocular se relacionó significativamente con el ancho del cefalotórax, indicando su utilidad para asignación de edad, sin embargo se presentó una alta variabilidad de la relación que aumenta el grado de incertidumbre en la asignación de edad. Los experimentos de laboratorio arrojaron una periodicidad de formación de la marca de 7.6 días, la cual no pudo ser asociada a algún evento biológico o ambiental. Se concluye que aún deben realizarse más experimentos para validar la periodicidad de formación de las marcas manteniendo uniforme la fase de muda de los ejemplares experimentales, para reducir la variabilidad de los datos.

Palabras clave: *Callinectes arcuatus*, jaiba azul, marcas de crecimiento, molino gástrico, pedúnculo ocular.

ABSTRACT

“Exploration and validation growth bands in the hard structures *Callinectes arcuatus* blue crab (Ordway 1863) in Sinaloa”

Rosa María de Jesús Saucedo Luna

Ageing organisms in a fishery is necessary to describe growth rate and support assessment models. Growth rings in hard structures like scales, otholits, spines, are used to fish ageing. In order to growth, a crab extrude old carapace and it substitutes for another new in a process denominating molting. Then, actual exoskeleton of a crab is not that of born and it was believed that it was not useful to ageing crabs, because growth rings were lost through molting. But Kilada et al (2012) could identify and validity growth rings in peduncle cuticle and gastric mill of five crustacean species, and they found that growth rings are permanent after each molt. In order to explore for growth rings, longitudinal cuts of eyestalk and gastric mill of *Callinectes arcuatus* were analyzed. A laboratory experiment to estimate rings growth periodicity was realized too. I identified secondary growth rings, but not primary growth rings, which was attributed to a few exemplars greater than one year in the sample due to short life span of this specie. The eyestalk thickens was relate to carapace width, indicating its usefulness for ageing, but, high variability of the relation increases uncertainty of ageing. The laboratory experiment showed a periodicity of 7.6 days in secondary growth rings formation, which could not be associated with any biological or environmental event. More experiments to explore for periodicity of growth rings formation, but controlling molt stage of experimental crabs are necessary in order to reduce variability of data.

Keywords: *Callinectes arcuatus*, crabs blue, grows bands, mill gastric, and eyestalk.

I. INTRODUCCIÓN

En los estudios de crecimiento de cualquier especie, la asignación individual de edad es un factor clave. En aquellas especies domesticadas o cultivadas es relativamente fácil la asignación de edad porque se conoce la fecha de nacimiento, sin embargo, en organismos silvestres, que son capturados como juveniles o adultos, se desconoce la fecha de nacimiento y entonces es necesario explorar la edad a través de algún procedimiento (Morales-Nin, 1992). Los métodos para asignación de la edad se dividen en directos e indirectos. En los métodos directos se asigna edad a cada individuo con base en las lecturas de marcas concéntricas que se presentan en estructuras duras como vértebras, otolitos, espinas, escamas, opérculo, conchas, entre otras, las cuales son estructuras que están en el organismo desde su nacimiento (Hughes, 2007). En el caso de las escamas, los peces pueden perderlas en alguna etapa de la vida y volver a regenerarlas, por lo tanto, cuando se usan estas estructuras se debe verificar que la escama no ha sido regenerada, porque no contiene la información de marcas durante toda la vida del pez. Complementariamente a estos métodos se debe validar la periodicidad de la formación de las marcas, es decir, si su formación se encuentra asociada a un tiempo de formación (días, mes, años). En los métodos indirectos la asignación de edad se lleva a cabo por análisis de la estructura de tallas, en la cual se identifican cohortes o grupos modales que representan la edad y pueden obtenerse a partir de diversos métodos (Morales-Nin, 1991). La edad no se asigna directamente a cada individuo, sino que se asigna a todos los organismos incluidos en una cohorte o grupo de edad y posteriormente se da seguimiento de las cohortes en el tiempo para estimar el crecimiento. En este proceso se genera incertidumbre cuando hay que elegir, entre varias opciones, la cohorte que corresponde con una cohorte identificada en un tiempo anterior, la cual queda a criterio del analista. Por lo anterior los métodos directos son preferidos sobre los métodos indirectos para asignación de edad y estimación de las tasas de crecimiento de los individuos.

En los crustáceos la única estructura dura que presentan es un exoesqueleto, el cual eventualmente deben mudar para crecer. Por ejemplo, La jaiba azul *Callinectes*

sapidus, debe mudar de 18 a 20 veces antes de alcanzar la talla de un ejemplar adulto (Velázquez de la Cruz et al, 2012). Así el exoesqueleto de cualquier crustáceo es relativamente nuevo, regenerado desde la última muda. Esto emula lo que pasa con las escamas de los peces que son perdidas en alguna etapa de vida y luego se regeneran, las cuales son desechadas en los procedimientos normales de asignación de edad por métodos directos, ya que no están en el pez desde su nacimiento y por lo tanto no contienen la información total de la edad del pez. Sin embargo, recientemente se han detectado marcas en los exoesqueletos de crustáceos que sugieren se podían utilizar para asignación directa de edad, igual como se usan las estructuras duras de otros organismos (Leland et al., 2011), aunque persiste la duda de si contiene toda la información de edad por el proceso de mudas continuas del exoesqueleto. Esta duda fue resuelta por Kilada et al (2012) quienes utilizaron calceína para marcar la cutícula de la langosta americana y encontraron que la marca fluorescente persistió en la cutícula después de dos mudas posteriores en las que se añadió el marcador en ejemplares experimentales, comprobando que la cutícula del exoesqueleto de esta especie regenera las marcas que tenía antes de la muda. Además encontró una correlación alta entre la edad de ejemplares cultivados y las marcas observadas en la cutícula del pedúnculo ocular, sugiriendo que las marcas pueden ser utilizadas para asignación directa de edad. Este reciente conocimiento abre la posibilidad de resolver el problema de incertidumbre asociado en los modelos de crecimiento de crustáceos por la asignación indirecta de edad.

En este estudio se exploraron marcas de crecimiento en la cutícula del pedúnculo ocular y osículos del molino gástrico de *C. arcuatus*.

II. ANTECEDENTES

La jaiba *C. arcuatus* es un crustáceo decápodo de la familia Portunidae y al igual que todos los crustáceos presentan un exoesqueleto compuesto de proteína y quitina (Giraud-Guille, 1984) el cual mudan frecuentemente para crecer (Fitz., y Wiegert, 1991). Unas cuantas horas antes de la muda (pre-ecdisis) la jaiba ingiere agua con lo cual aumenta el volumen corporal y genera la presión para romper el exoesqueleto (Phlippen, et al., 2000). La jaiba recién mudada es una jaiba “suave” sin exoesqueleto y con tejidos con aspecto de gel debido a la hidratación en la pre-ecdisis. A las pocas horas empieza a generar el exoesqueleto, el cual, en primera instancia tiene un aspecto de hoja de papel y con el tiempo va tomando una consistencia más dura. Durante el periodo intermuda (de una ecdisis a la otra), la jaiba crece dentro del exoesqueleto sin aumentar de peso ni talla, ya que los tejidos generados van desplazando el agua intramuscular y al final antes de la ecdisis la jaiba contiene un tejido muscular consolidado, con el más bajo nivel de hidratación. En la siguiente pre-ecdisis, la jaiba aumenta súbitamente de peso por la hidratación y en la muda incrementa su talla. Este proceso de mudas genera un crecimiento de longitud y peso en saltos, durante la ecdisis.

El crecimiento en crustáceos ha sido modelado con funciones continuas como la de von Bertalanffy, a pesar de conocer que el crecimiento individual es discontinuo, argumentando que en promedio el crecimiento de estos organismos sigue una función continua.

En todos los estudios de crecimiento, la asignación de edad de los organismos es uno de los procesos claves, ya que se desconoce la fecha de nacimiento. Los métodos para asignar la edad se clasifican en indirectos y directos. En los métodos directos, la edad se asigna contando el número de marcas en estructuras duras tales como escamas, vértebras, otolitos o conchas en peces y moluscos (Morales-Nin, 1992). En estas estructuras se distinguen bandas hialinas alternadas con bandas opacas que se forman en determinadas épocas del año asociadas a factores biológicos o ambientales (Campana, 2001). El seguimiento mensual de estas bandas permite definir el tiempo y la causa de su formación y así determinar cuántas marcas por año son formadas, lo cual eventualmente sirve para asignar la edad de los

ejemplares. En los métodos indirectos se analizan estadísticamente las estructuras de tallas de los organismos para identificar las cohortes que componen la estructura total de tallas y determinar sus parámetros estadísticos como media, moda y desviación estándar de cada cohorte (Rodríguez-Domínguez, et al., 2012). A estas cohortes se les asigna una edad relativa (ej. edad 1, edad 2, etc). Este proceso se realiza en diferentes periodos de tiempo (semanal, mensual, estacional entre otras) y se trata de identificar y dar seguimiento al crecimiento de las cohortes en el tiempo, estimando los incrementos en longitud por incrementos de edad relativa. Durante el seguimiento de las cohortes se presenta incertidumbre al elegir cual cohorte de un periodo corresponde a la misma observada en otro periodo, la cual depende de la experiencia y criterio del investigador. Otros métodos indirectos alternativos son por marcado y recaptura de los organismos (Van Montfrans et al. 1986, Fitz y Wiegert 1991), cultivos en laboratorio (Zamora et al., 2005), análisis bioquímicos de lipofuscina (Ju et al., 2001, Puckett et al., 2008, Crowley, 2012). Cada uno de estos métodos indirectos presentan inconvenientes y son ampliamente discutidos por Ju et al. (2001).

Por lo anterior los métodos directos son preferidos a los métodos indirectos.

En crustáceos se han empleado métodos indirectos para estimar el crecimiento (Ramos-Cruz, 2008; Rodríguez-Domínguez, et al., 2012) ya que la única estructura dura que presentan es el exoesqueleto, el cual mudan en determinados intervalos de tiempo durante su proceso de crecimiento, por lo que se asumía que los crustáceos no contaban con estructuras que incluyeran marcas de crecimiento permanentes, como sucede en los peces (Petriella y Boschi, 1997; Ju et al., 2001 y Ju et al., 2002, Kilada et al., 2012).

Leland et al. (2011), descubrieron por primera vez bandas opacas y translúcidas alternadas en cortes transversales de osículos del molino gástrico en cinco especies de crustáceos y sugirieron la posibilidad de tener validez para asignación directa de edad de los ejemplares. Pero no comprobaron si la estructura contenía toda la información de crecimiento del organismo dado que se había regenerado desde la última muda. Más recientemente Kilada et al (2012), lograron encontrar marcas en pedúnculos oculares y molino gástrico de otras cuatro especies de crustáceos y las

podieron asociar con éxito a la edad de los organismos. Estos autores expusieron a ejemplares experimentales de langosta americana en cultivo a la calceína; un marcador fluorescente; y comprobaron que la marca que dejó la calceína permaneció en la cutícula del pedúnculo ocular regenerado durante todo el periodo de cultivo experimental, que incluyó dos mudas. Este resultado confirma que las marcas que se registran en el exoesqueleto son regeneradas en los siguientes exoesqueletos de mudas posteriores, lo cual da validez al uso de estas estructuras para asignación directa de edad. La periodicidad de formación de las marcas es aún un tema pendiente, pero debe realizarse en cada especie como se realiza en otros organismos como peces y moluscos.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La asignación indirecta de edad en los crustáceos siempre ha sido una limitante para desarrollar modelos de evaluación estructurados por edad, los cuales son los modelos más aceptados por la comunidad científica en la evaluación de la dinámica de sus poblaciones. Por tal razón, los modelos estructurados por tallas han sido la alternativa más frecuentemente usada. Sin embargo, estos métodos están cargados de una alta incertidumbre y así mismo las evaluaciones de su dinámica de población. En este sentido el poder desarrollar un método directo para asignar edad, a través de marcas de crecimiento en pedúnculos oculares y molino gástrico de *C. arcuatus*, estaría aportando a la solución de esta problemática.

IV.HIPÓTESIS

El análisis de cortes longitudinales de la cutícula del pedúnculo ocular y el molino gástrico de la jaiba azul *C. arcuatus*, permitirá identificar marcas de crecimiento y evaluar la periodicidad de formación de las mismas, logrando con ello estimar el crecimiento de la especie.

V. OBJETIVOS

5.1.-Objetivo General:

Identificar y validar marcas de crecimiento en estructuras duras de la jaiba azul *C. arcuatus*.

5.2.- Objetivos específicos:

- a) Identificar marcas de crecimiento en pedúnculo ocular y molino gástrico.
- b) Determinar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento en las dos estructuras.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

Huizache-Caimanero, se localiza en el noroeste de México, sobre la planicie costera del sur de Sinaloa, el área está ubicada entre los 22°48'23"N y 106°16'O. Está delimitada al norte por el río Baluarte, separado del mar por una barra de arena. Este cuerpo de agua tiene una superficie aproximada de 1700 hectáreas y de acuerdo con Lankford (1997) se clasifica como tipo III-A.

El clima en la región, según la clasificación de Köppen modificado para la república mexicana (García, 1973), es el tipo Bls (h) w (e), definido como semiárido muy cálido, caracterizado por una temperatura anual promedio superior a los 22°C y la del mes más frío a 18°C.

El régimen de lluvias es marcadamente estacional, registrándose el 80% del total anual durante el periodo de julio a septiembre. La evaporación tiene los valores máximos de abril a junio y su efecto es un factor importante en el balance hidrológico del sistema lagunar y en la hidrodinámica de los esteros que comunican con el mar (Moore y Slinn, 1984).

Este sistema lagunar se conecta con el río Baluarte a través de un canal de agua dulce; a una distancia aproximada de 500 m., de su desembocadura en el mar, mientras que con el Presidio se conecta en las inmediaciones de su desembocadura, por medio del canal Ostial. La boca del río Presidio se cierra de abril a junio debido a la falta de escurrimiento, y acumulación de sedimento en la playa, por el transporte litoral. El canal Ostial es una comunicación del sistema lagunar Huizache con el mar y el río Presidio, que se extiende desde la boca de Barrón hasta el sitio conocido como las Garzas, con una longitud de 7 km, ancho 20m, profundidad máxima de 2 m aproximadamente. Sus márgenes están cubiertas de manglares (*Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*), así como grandes áreas de marismas, siendo estas zonas de inundación por agua por efecto de movimiento de mareas (pleamar) y lluvias. Esta área de marisma se considera principalmente como un lugar de alimentación y crecimiento del camarón así como otros organismos acuáticos (Paul y Bowers, 1982). Esta marisma rica en alimento también es utilizada por aves zancudas nativas

y migratorias como alimentación y descanso de invierno (Paul y Bowers, 1982). El nivel de agua fluctúa en respuesta a los ciclos de marea (Moore y Slinn, 1984), los cuales para las costas del Pacífico son de tipo mixto con una gran desigualdad diurna.

Sobre el canal Ostial, existe una estructura denominada tapo (arte de pesca fija), cuya función es evitar la migración hacia el mar de los pre adultos de camarón y otros organismos como las jaibas. El tapo es construido con una sierra de vara de mangle, que se coloca a finales de agosto y se abre a finales de marzo.

6.2 Trabajo de campo.

Ejemplares de jaiba azul se colectaron mensualmente del estero el Ostial de la laguna Huizache-Caimanero utilizando trampas tipo Chesapeake (figura 1 (D)) cebadas con restos de pescado (Lisas). Los organismos colectados fueron llevados al laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias del Mar para determinar el sexo (figura 1 (B)) y medir el ancho de cefalotórax (AC). A cinco ejemplares, de cada sexo, e intervalo de cinco mm de ancho de cefalotórax se sacrificaron (figura 1 (A)) para extraer los pedúnculos oculares y molino gástrico (figura 1 (C)), los cuales se almacenaron en refrigeración hasta su procesamiento.



Molino·Gástrico

Figura 1: A) selección de organismos por intervalo de talla y sexo: B) selección de organismos por sexo. C) Identificación de molino gástrico. D) colecta de organismos con trampas tipo Chesapeake.

6.3 Experimento de Laboratorio

Con el fin de conocer el tiempo de formación de marcas de crecimiento en las estructuras duras de las jaibas se colectaron 26 machos y 28 hembras vivas del medio silvestre (figura 2 (D)), las cuales se mantuvieron a baja temperatura en agua helada para adormecerlas y entonces se midieron (el ancho de cefalotórax) y se les cortó el pedúnculo izquierdo para determinar el número de marcas que tenía el ejemplar al momento de ingresar al sistema experimental. En seguida se colocaron individualmente en cajas de plástico (figura 2 (C)) conectadas a un sistema de circulación cerrada de agua de mar (figura 2 (B)) equipado con filtros de sólidos mayores (wata) (figura 2 (A)), de cartucho de 40 micras, de carbón activado y de Luz ultravioleta. La salinidad se mantuvo entre 30 y 35 Ups y la temperatura varió entre 23°C y 27°C, se alimentaron diariamente con trozos de pescado hasta saciar su apetito. Solo los ejemplares que permanecieron más de cinco días vivos en las cajas experimentales fueron considerados para la determinación de la periodicidad de formación de marcas. Al final del experimento o por mortalidad las jaibas fueron retiradas del sistema de cultivo y se les extrajo el pedúnculo derecho.

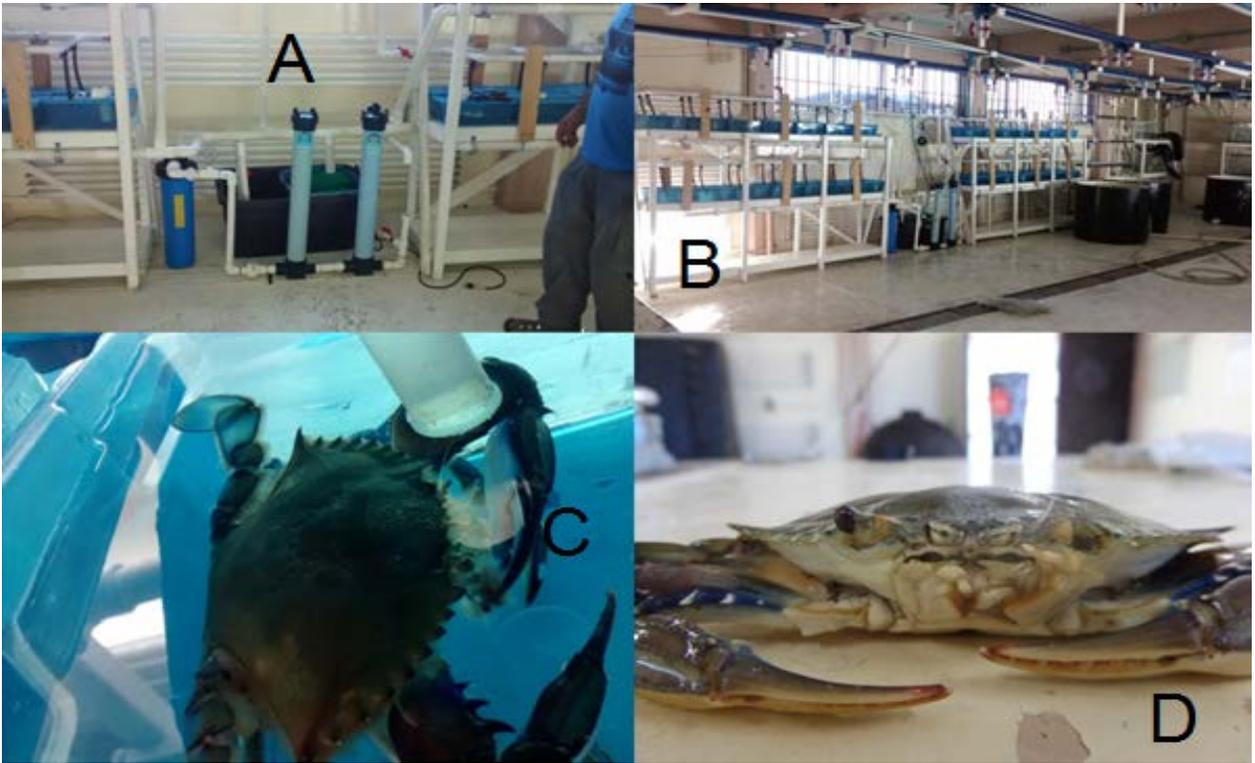


Figura 2: A) sistema de bombeo y filtro. B) sistema de recirculamiento de agua donde se mantienen las jaibas. C) una jaiba por caja D) Jaiba sin pedúnculo ocular derecho.

6.4 Trabajo de laboratorio.

Los pedúnculos oculares y dientes de molino gástrico se incluyeron en resina epóxica, dejándolos reposar por 72 horas (figura 3 (A)) antes de realizar los cortes de 120 micras de grosor con una cortadora BUEHLER de baja velocidad con navaja de filo de diamante (figura 3 (B)). Posteriormente los cortes se lijaron manualmente en seco, con una lija de 0.3 micras grano de aluminio con la finalidad de hacer más evidentes las marcas de crecimiento. Los cortes fueron colocados en cajas de Petri con alcohol etílico al 90% para analizarlos bajo un microscopio estereoscopio Nikon SMZ25 con luz transmitida y una resolución de 15.75X (figura 3 (C)). Se midió el grosor de la cutícula utilizando el software Image-Pro9.1^a y se toman fotografías digitales de cada corte, las cuales fueron editadas con los software Paint y Microsoft office 2010 para el conteo de las marcas de crecimiento (figura 3 (D)).

Para explorar si el grosor de la cutícula y el número de marcas de crecimiento no diferían entre los pedúnculos oculares de un mismo ejemplar se analizaron ambos en una muestra de 30 ejemplares.

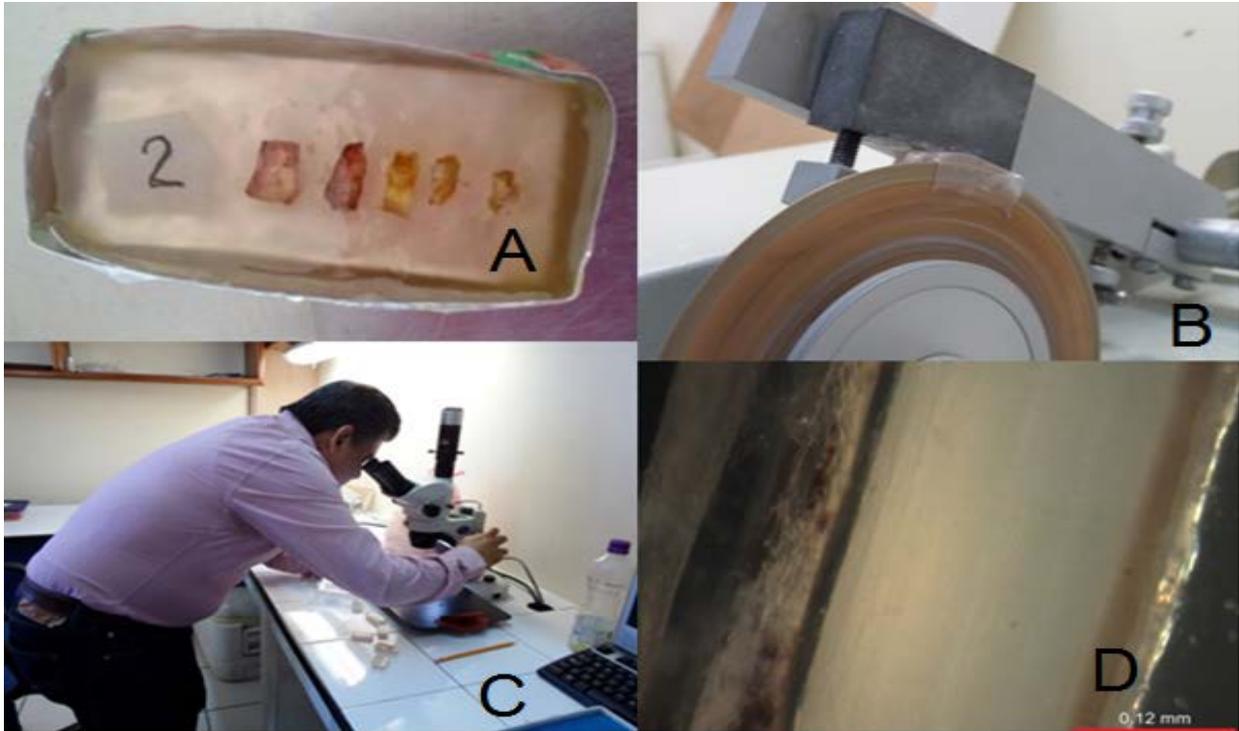


Figura 3: A) Estructuras colocadas en resina epoxica. B) Corte de 120 micras. C) Observación de cortes. D) fotografía de cortes.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1.- Análisis de las estructuras duras utilizadas.

Se analizaron estructuras duras de 1078 organismos de *C arcuatus*, que incluyeron diente lateral y diente medio del molino gástrico (figura 4) y pedúnculos oculares (figura 5) La forma de los dientes laterales dificultó el manejo de las estructuras al momento de colocarlas en la resina, y por lo mismo no se pudo estandarizar la posición de los cortes longitudinales, por lo que fueron desechados para el análisis de marcas de crecimiento.



Figura 4: Molino gástrico y dientes de *Callinectes arcuatus* mostrando la posición de los dientes laterales (1) y el diente medio (2).

En los pedúnculos oculares (figura 5) no se presentó ninguna dificultad para el análisis de la cutícula, por lo que estas estructuras fueron las que se utilizaron finalmente para el análisis de todo el trabajo.



Figura 5: Pedúnculos oculares de *C. arcuatus*

En los cortes longitudinales de los dientes laterales y medio de molino gástrico (figura 6 (1,2) no se identificaron con claridad las capas típicas de la estructura cuticular; epi-cutícula, exo-cutícula y endo-cutícula. En los pedúnculos oculares si se pudo identificar estas tres capas además de la zona membranosa en la capa más interna del pedúnculo ocular (figura 6 (3)).

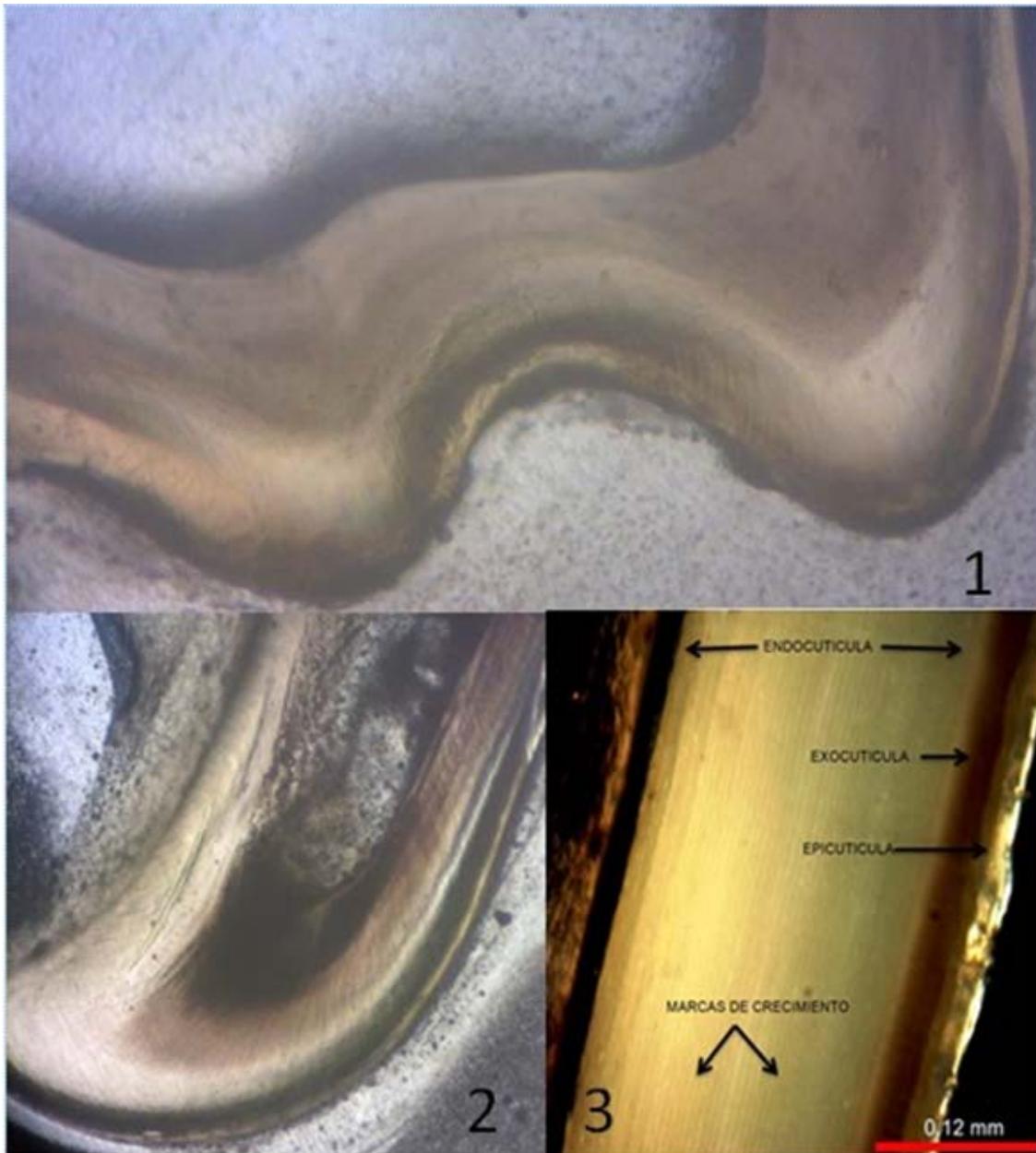


Figura 6: Estructuras observadas en microscopio óptico. 1) Diente medio de molino gástrico. 2) Diente lateral de molino gástrico 3) Pedúnculos oculares.

En la endo-cutícula de los pedúnculos oculares de la jaiba azul se identificaron claramente zonas hialinas y opacas muy delgadas alternadas, como las que identificó Leland et al. (2011) en dientes del molino gástrico de crustáceos. Las marcas gruesas que define Kilada et al. (2012) también se observaron en algunos cortes, pero no fue consistente en todos los pedúnculos analizados, como lo fueron las zonas hialinas y opacas delgadas. Estas últimas zonas fueron las que se contaron como marcas de crecimiento (figura 7).

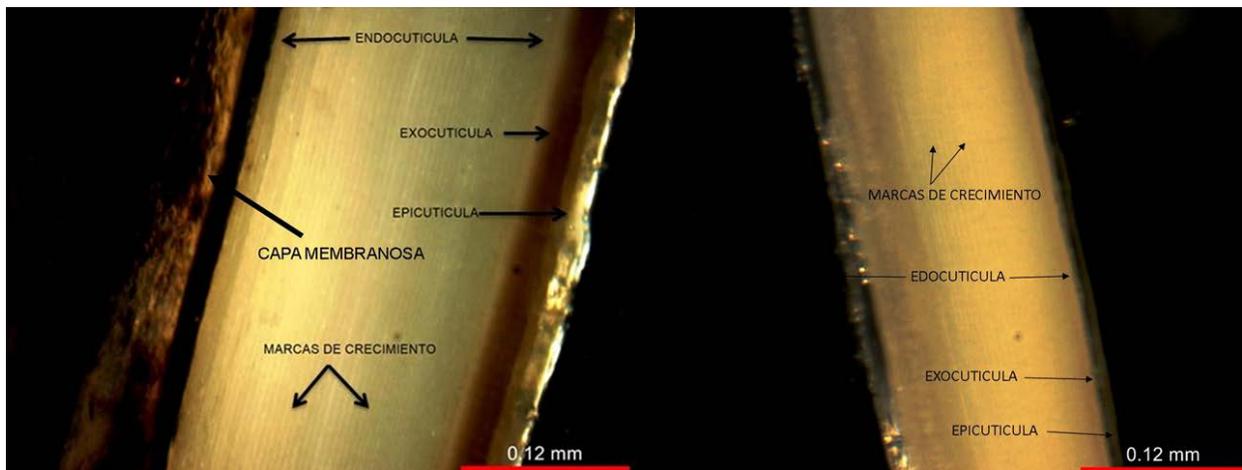


Figura 7: Capas de la cutícula del pedúnculo ocular de *Callinectes arcuatus*

En los cortes de los pedúnculos oculares de *C. arcuatus*, se observaron patrones de bandas obscuras y hialinas, pero no fueron consistentes entre pedúnculos oculares de un mismo ejemplar. La figura 8, muestra 4 marcas en la sección longitudinal del pedúnculo ocular izquierdo de un ejemplar hembra de 111 mm de AC y solo 3 marcas en el pedúnculo derecho del mismo ejemplar. Otro ejemplar hembra de 84 mm de AC mostró 4 marcas en el pedúnculo izquierdo y ninguna fue aparente en el pedúnculo derecho. Por esta razón estos patrones de marcas fueron desechados para utilizarlos en la determinación de edad de *C. arcuatus*.

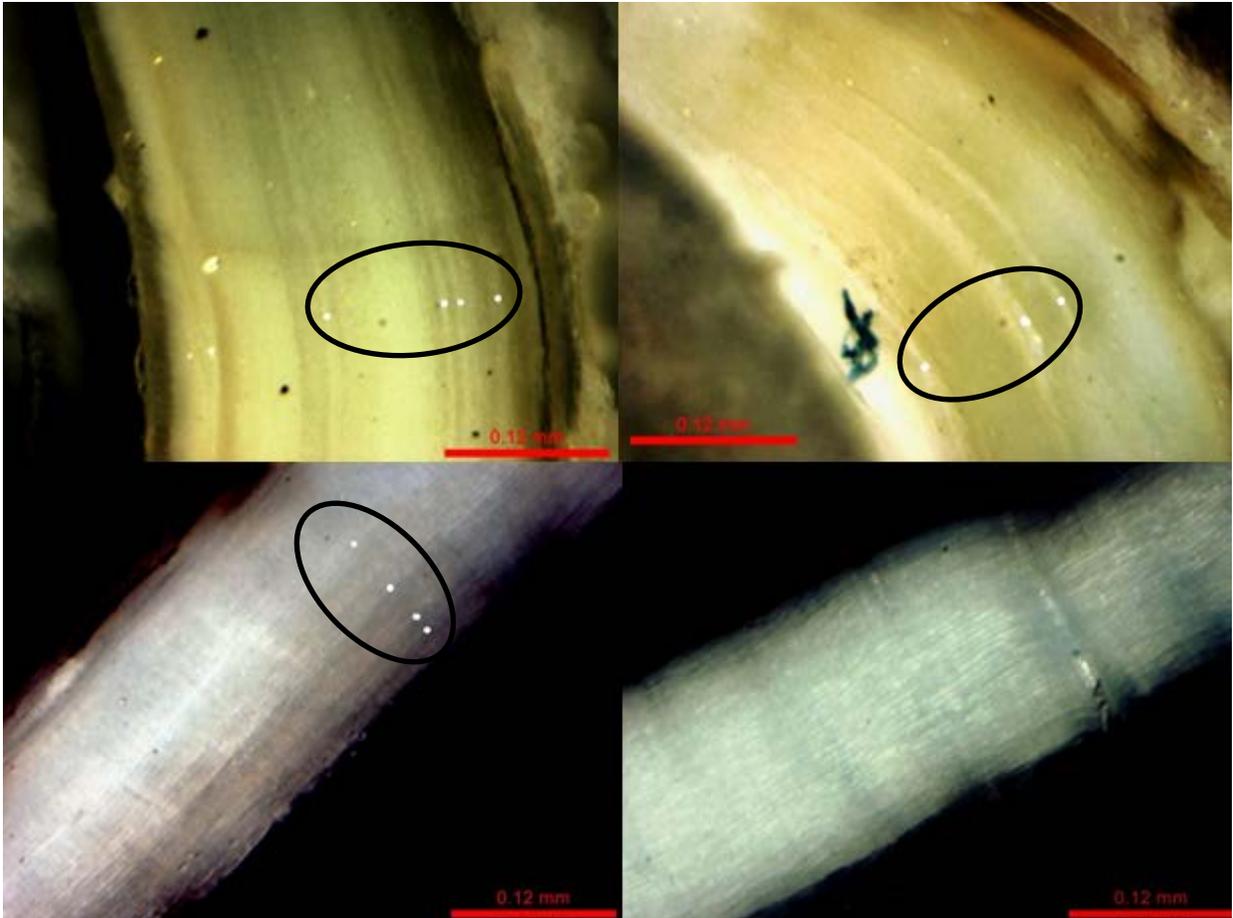


Figura 8: Comparación del “Patrón de marcas primarias” entre pedúnculo izquierdo y derecho de un mismo ejemplar de *C. arcuatus* (arriba: jaiba hembra de 111 mm de AC, abajo ejemplar hembra de 84 mm de AC).

7.2 Relación entre el ancho de la cutícula y el ancho de cefalotórax.

El grosor de la cutícula en ambos pedúnculos de un mismo ejemplar fue casi igual, la máxima diferencia entre ellos fue de 0.02 mm, pero lo más frecuente fue ninguna diferencia (52%), seguida por una diferencia de 0.01 mm en el 37% de los pedúnculos analizados (figura 9). Dado este resultado, en los análisis siguientes solo se consideró el pedúnculo izquierdo (PI).

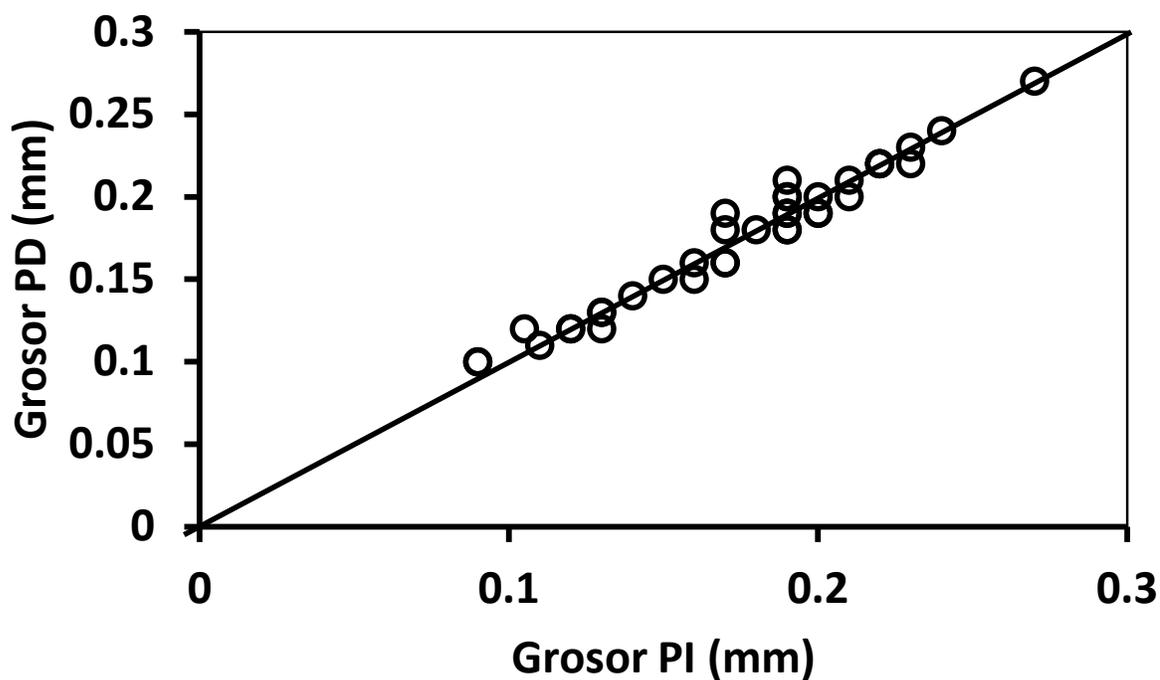


Figura 9: Relación entre el grosor de la cutícula entre los pedúnculos oculares de un mismo ejemplar de jaiba azul *C. arcuatus*.

El grosor del pedúnculo ocular aumentó en relación directa con el ancho del cefalotórax (AC) de las jaibas, indicando que el grosor de la cutícula se incrementa de manera proporcional al crecimiento de los individuos (figura 10). Sin embargo, la variación en el grosor del pedúnculo ocular explicada por variación en el AC, fue de 56% en los machos y 62% en las hembras. Lo cual implica que el 44% de la variación en el AC de los machos y el 38% en las hembras, se deben a otras causas diferentes al crecimiento de los ejemplares.

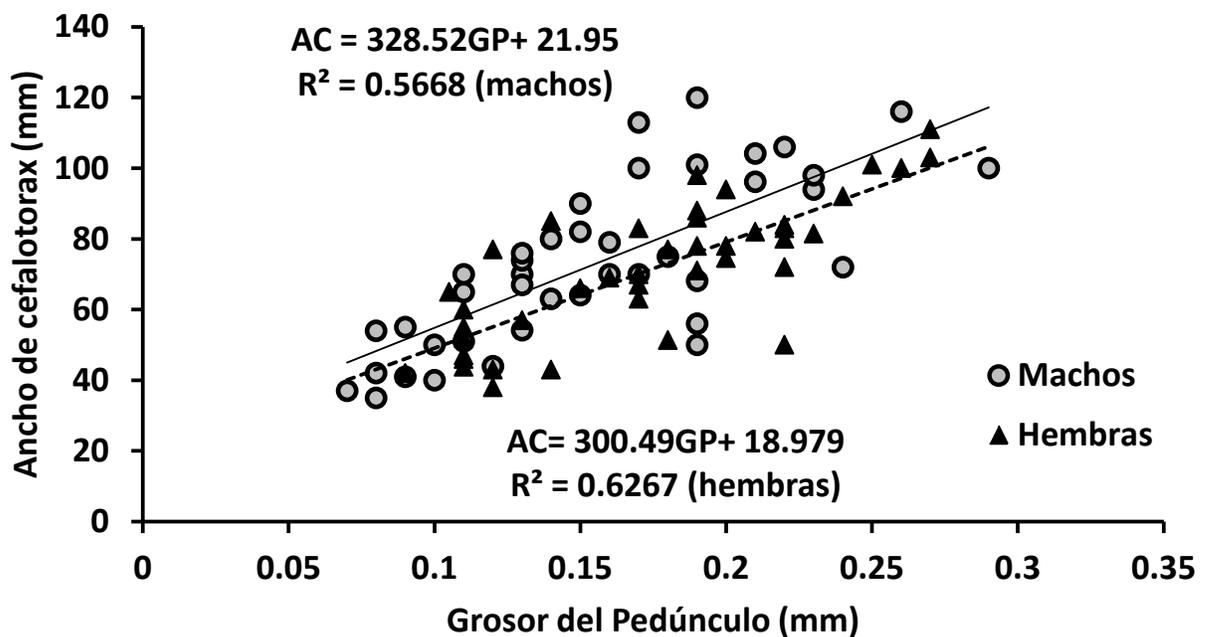


Figura 10: Relación entre el grosor del pedúnculo ocular y el ancho del cefalotórax en Machos y Hembras de *C. arcuatus*.

7.3 Relación entre número de marcas de crecimiento y ancho del cefalotórax.

El número de marcas observadas en la cutícula del pedúnculo ocular aumenta con el ancho del cefalotórax en ambos sexos como se muestra en la figura 11, lo cual indica que están relacionadas con el crecimiento de las jaibas.

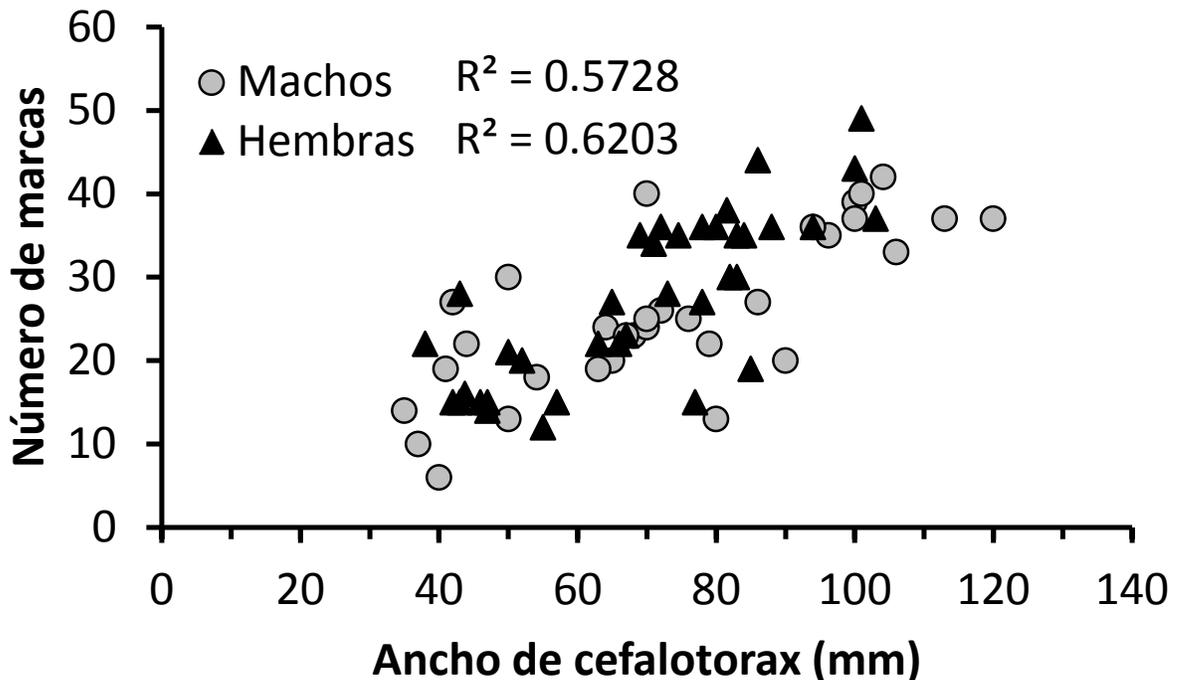


Figura 11: Relación del número de marcas con respecto al ancho de cefalotórax (mm).

Para validar el uso de una estructura dura en la asignación de edad, en estudios de crecimiento por métodos directos, es necesario explorar si el crecimiento de la estructura está directamente correlacionado con el crecimiento del organismo. En este estudio el grosor del pedúnculo ocular se correlaciona directamente con el ancho de cefalotórax de las jaibas de ambos sexos, lo cual, valida la estructura para utilizarla en la asignación de la edad. Sin embargo, un problema evidente en esta relación, es la alta variabilidad de los datos, como se puede observar en los bajos valores de R^2 (machos $R^2 = 0.57$ y hembras $R^2 = 0.63$). Lo anterior significa que

otras fuentes de variación, aparte del crecimiento de las jaibas, están influyendo en el grosor de la cutícula del pedúnculo ocular. La explicación a esto podría ser un grosor de la cutícula no uniforme, es decir, con variaciones dependiendo de la posición en el exoesqueleto o un crecimiento continuo de la cutícula durante el periodo de una muda a la otra, en la que el ancho de cefalotórax permanece constante. En *C. sapidus* se ha reportado variaciones en el grosor de la cutícula del dorso del caparazón asociadas con el tamaño del organismo y con la posición de donde se toma la muestra, demostrando un grosor de cutícula no homogéneo (Waugh, et al (2009). En los cortes longitudinales de la cutícula del pedúnculo ocular de *C. arcuatus*, se observaron algunas diferencias en el grosor, y siempre se resolvió tomando el mayor grosor, pero estas diferencias no parecen ser de consideración, ya que la comparación del grosor de la cutícula en cortes de pedúnculo derecho y pedúnculo izquierdo de un mismo ejemplar no fue mayor de 0.02 mm, (incluso en el 89% de los casos fue menor de 0.01mm), mientras que las diferencias entre ejemplares diferentes fueron mayor de 0.05 mm.

7.4 Experimento de laboratorio

La duración de las jaidas experimentales mantenidas en el sistema del laboratorio varió de 5 a 163 días. En general, el incremento en el grosor del pedúnculo ocular aumentó con la duración de la jaidita en cautiverio (figura 12). Sin embargo, se observó una amplia variación, de manera que la duración del cultivo solo explica un 8.8% de la variación en el incremento de grosor del pedúnculo.

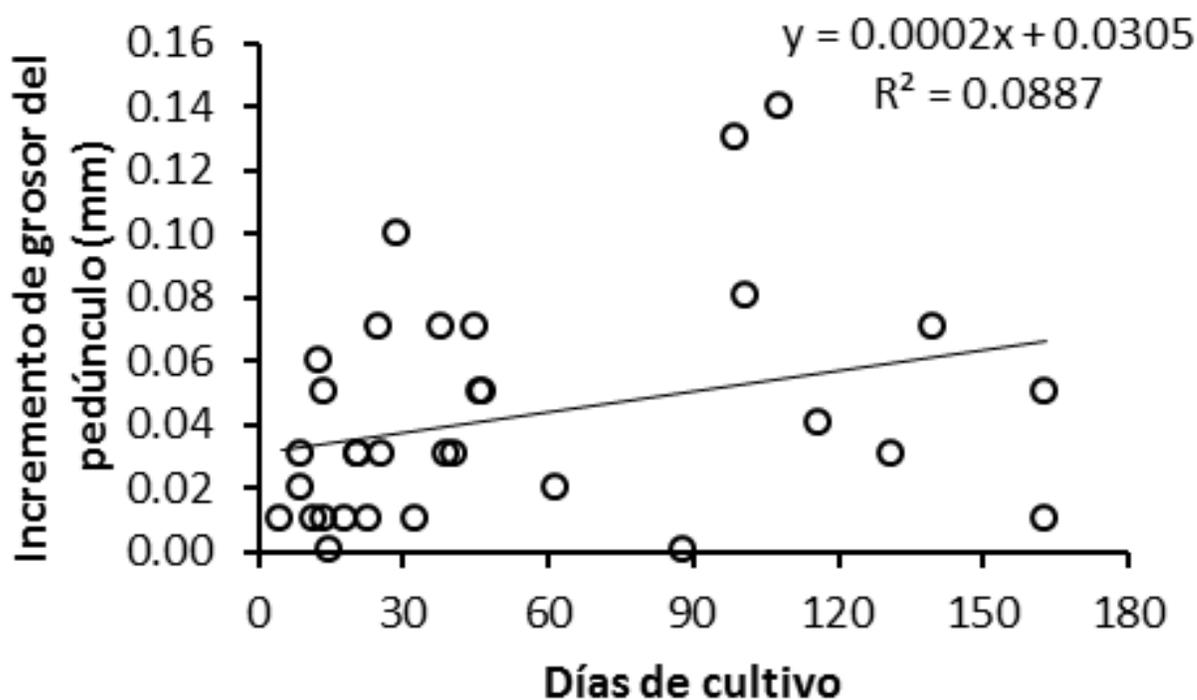


Figura 12: Relación entre el incremento de grosor de pedúnculo ocular y los días de cultivo

Esta variación en el incremento en el grosor, en parte, es explicada por la talla de las jaibas al inicio del experimento, como se observa en la figura 13. Las jaibas más grandes del experimento tuvieron incrementos menores que las jaibas más pequeñas. Sin embargo, solo un 12.7% de la variación en el incremento del grosor del pedúnculo es explicada por el AC de la jaiba al inicio del experimento.

Figura 13: Relación del incremento del grosor del pedúnculo ocular y el ancho de cefalotórax.

La comparación del incremento en el grosor del pedúnculo ocular con el número de mudas que presentaron las jaibas durante el experimento indica que el incremento de grosor de la cutícula dependió del número de mudas registradas, y de acuerdo con el coeficiente de determinación, esta variación es explicada en un 15.8% (figura 14). En esta gráfica también es interesante señalar que ejemplares que no mudaron también presentaron incremento en el grosor de la cutícula; es decir la cutícula sigue creciendo en las fases de intermuda.

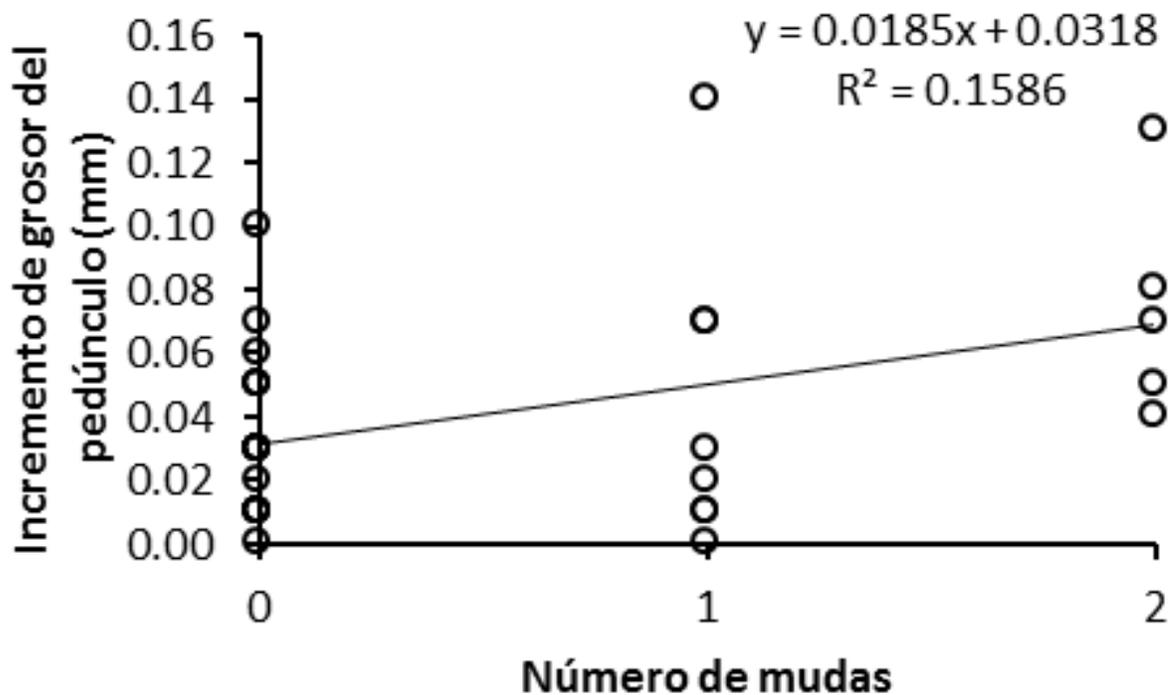


Figura 14: Relación del incremento del grosor del pedúnculo ocular y el número de mudas.

La hipótesis de un crecimiento continuo de la cutícula durante el periodo de una muda a la otra se comprueba con el incremento del grosor de la cutícula del pedúnculo ocular de *C. arcuatus* en los ejemplares experimentales que no registraron ninguna muda durante el experimento, demostrando que la cutícula sigue creciendo aunque el ancho de cefalotórax permanezca constante entre las mudas. La mayoría

de los ejemplares experimentales sin muda presentaron un incremento del grosor de la cutícula del pedúnculo mayor a 0.02 mm, con un máximo en 0.1 mm. Sakamoto et al (2009) reportaron que el grosor de la cutícula del merus en el cangrejo japonés *Eriocheir japonicus*, se incrementa durante el periodo inter-muda, especialmente la endocutícula. Ellos observaron que en ejemplares de tres años de edad, la endocutícula se incrementó de 4.1 μm el día de la muda hasta 39.3 μm el día seis después de la muda, y alcanzaron un grosor máximo en ejemplares en estado inter-muda de 122.9 μm ; un incremento de 119 μm .

La capa membranosa en la parte más interna de la cutícula parece formarse al último después de la muda; Sakamoto et al (2009), no observaron la presencia de esta capa en ejemplares experimentales con 4 o 6 días después de la muda, en cambio sí la observaron en ejemplares en estadio inter-muda. En los cortes de la cutícula de *C. arcuatus*, en este trabajo se pudo observar ejemplares con y sin la capa membranosa en la cutícula. Esto podría indicar que las muestras de cutícula del pedúnculo ocular provenían de ejemplares con pocas o muchos días después de la muda y por lo tanto diferentes grosores de cutícula, que podría explicar la alta variabilidad de la relación grosor de cutícula vs ancho de cefalotórax, aunque la tendencia de incremento del grosor con el ancho del cefalotórax se mantiene.

Algunos ejemplares del experimento en la presente investigación murieron durante la muda y los pedúnculos obtenidos como finales del experimento fueron muy blandos, lo cual presentó una dificultad para obtener cortes regulares y en buen estado, por lo que se desecharon como datos para determinar la periodicidad de las marcas. Solo en 14 ejemplares fue posible tener buenas estructuras de pedúnculos al inicio y final del experimento. En éstos ejemplares el número de marcas incrementó con la duración del cultivo (figura 15) en relación lineal del tipo

$$\Delta M = 6.5923 + 0.13Días$$

Lo cual significa que las marcas se formaron, en promedio, cada 7.6 días (1/0.13).

Considerando esta periodicidad de las marcas para la especie sin diferenciar por sexos dado el escaso número de ejemplares, entonces se pudo asignar edad a los ejemplares muestreados con base al número de marcas de la siguiente manera:

$$Edad \text{ (en días)} = \frac{No. \text{ de Marcas} - 6.5923}{0.13}$$

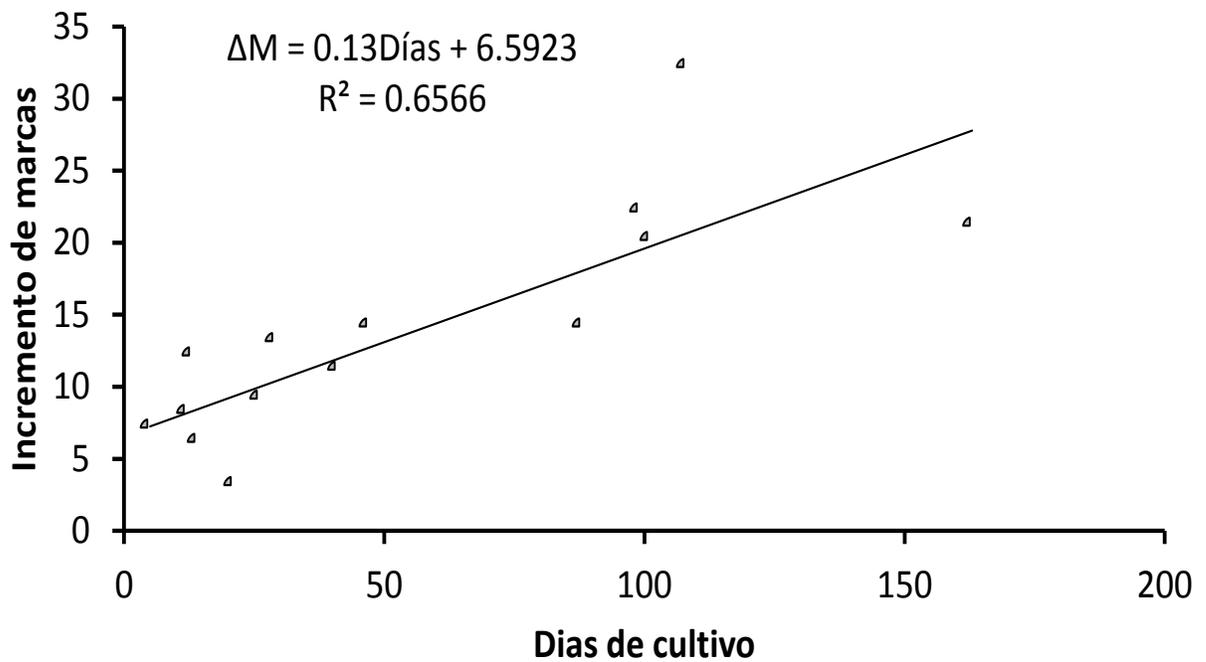


Figura 15: Relación del incremento de marcas con respecto a los días de cultivo

La relación edad talla de las jaibas designadas por este método son mostradas en la figura 16. En ella, se puede observar que un ejemplar de *C. arcuatus* alcanza aproximadamente una talla de 100 mm en un año de edad. También es notorio que la edad máxima registrada fue de 1.03 años en una hembra y que a partir de 0.7 años los machos son relativamente más grandes que las hembras.

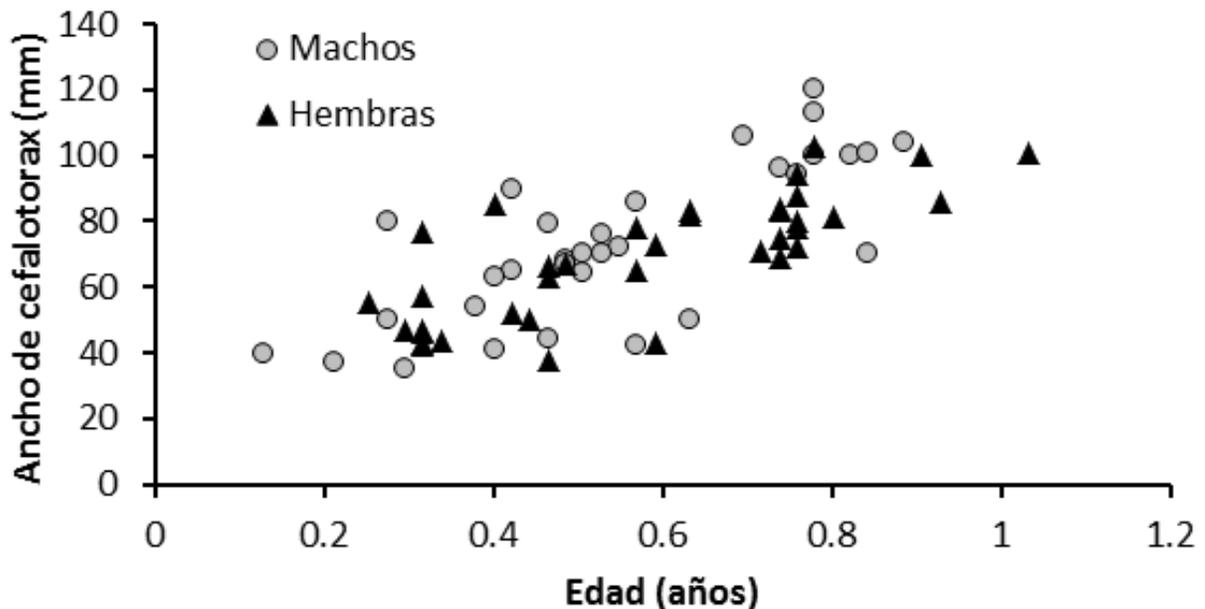


Figura 16: Relación del ancho de cefalotórax con respecto a la edad de *Callinectes arcuatus*

La falla en encontrar marcas de crecimiento primarias consistentes, en el pedúnculo ocular de las jaibas de *C. arcuatus* posiblemente esté asociado a la predominancia de ejemplares de menos de un año en la muestra analizada. Se ha reportado que la jaiba *C. arcuatus* alcanza tallas entre 95 y 102 mm de AC en un año (Fisher y Wolf, 2006; Arciniega-Flores y Mariscal-Romero, 2013), en tanto que este estudio, la mayoría de los ejemplares analizados tenían una talla inferior a 100 mm de AC. Kilada et al (2012), encontró que las marcas primarias de crecimiento tenían una periodicidad aproximadamente anual. Si las marcas primarias de crecimiento se forman anualmente en *C. arcuatus*, tal y como fueron los resultados de Kilada et al

(2012), entonces la mayoría de los ejemplares no deberían presentar marcas primarias. De los ejemplares a los que se asignó edad en este trabajo solo uno tenía más de un año.

Las marcas observadas en este trabajo son muy delgadas y se refieren a las que Kilada et al (2012) menciona como microlamelas. Por su parte Leland et al. 2011, menciona que en los osículos de la langosta americana se observan patrones de marcas primarias y secundarias y se refiere a estas últimas como las marcas de crecimiento de fina escala que también son distinguibles en otolitos de peces. Posiblemente las microlamelas y las bandas secundarias, se refieren a las mismas estructuras y son las que se identificaron en este trabajo. Por lo que el incremento del número de estas marcas secundarias con el ancho del cefalotórax confirma que estas estructuras están ligadas al crecimiento de la jaiba azul *C. arcuatus*.

El bajo coeficiente de determinación ($R^2 = 0,087$) del incremento del grosor del pedúnculo ocular, en relación con los días de cultivo, en el experimento de laboratorio, parecen indicar su bajo valor para la asignación de edad en *C. arcuatus*, contrario a la relación entre Marcas y Ancho de cefalotórax. La explicación puede estar asociada a que el incremento de grosor depende de la duración del cultivo y la talla inicial del ejemplar en cultivo, ya que las tasas de incremento del grosor se reducen con la talla del organismo. Así entonces, el efecto de los dos aspectos (días de cultivo y tamaño inicial del ejemplar cultivado), podría generar la amplia variación observada, ya que no se tuvo control del tiempo de duración del cultivo en cada ejemplar. La tendencia descendente de la relación entre incremento del grosor y el ancho de cefalotórax apoyan esta hipótesis. Otra explicación es que, como ya se mencionó anteriormente, el grosor de la cutícula para ejemplares de la misma talla, depende del tiempo que pasa desde de la última muda en la que se toma la muestra. Y en los ejemplares experimentales de este trabajo no se tuvo control sobre el periodo intermuda en el que se tomó la muestra, al inicio y final del experimento. Incluso al final del experimento, muchos ejemplares murieron durante o inmediatamente después de la muda, por lo que se pudo haber tomado el grosor del pedúnculo más pequeño del periodo intermuda. Se requieren experimentos de laboratorio donde la muestra del pedúnculo al inicio y final del experimento se tome a

un determinado tiempo después de la muda, pero se tiene que desarrollar primero las fases del periodo intermuda en esta especie para identificarlas en los ejemplares para determinar el inicio del experimento. Sin embargo el final del experimento no se podría controlar del todo, ya que algunos ejemplares pueden morir a etapas tempranas después de la muda y no es una medida muy confiable. A pesar de esta variación en el incremento de grosor de la cutícula, el incremento en el número de marcas con los días de cultivo tuvo un mejor coeficiente de determinación ($R^2 = 0.66$), casi del mismo valor que la relación entre número de marcas y ancho de cefalotórax (machos $R^2=0.57$, Hembras $R^2= 0.62$) en ejemplares silvestres, indicando la validez de estas estructuras para la determinación de la edad.

La periodicidad de 7.6 días en la formación de las marcas determinada en este trabajo no es posible asociarla a algún evento ambiental de tal periodicidad. Lo más cercano a este periodo es la duración de 7 días entre las fases lunares de lunas llenas o nuevas a cuartos creciente o menguante. En el campo, los pescadores dejan de capturar jaibas durante los días de los cuartos lunares, ya que las jaibas no responden a la atracción de la carnada por las reducidas corrientes de marea y disminuye el volumen de capturas, por lo que este comportamiento podría marcar un periodo de baja alimentación en la población silvestre, pero la periodicidad sería de 14 días que es la duración entre las fases de cuartos lunares. En otolitos de peces, las marcas secundarias en la mayoría de los casos tienen una periodicidad diaria asociada a los ritmos de luz (Mugiya, et al 1981). En este caso la periodicidad de 7.6 días no puede atribuirse a estos ritmos de luz.

Sin embargo, de acuerdo con la asignación de edad a partir de las lecturas de marcas de crecimiento, un ejemplar de 1 año tendría entre 105 a 110 mm de AC. Los reporte de crecimiento de *C. arcuatus* con métodos indirectos señalan que en un año puede alcanzar tallas entre 94.63 y 138 mm de AC mm (Fischer y Wolff, 2006; Ramos Cruz, 2008). Son necesarios más trabajos de laboratorio y de campo para validar la periodicidad de las marcas de crecimiento en esta especie.

VIII. CONCLUSIONES

No se identificaron las marcas anuales de crecimiento en el pedúnculo ocular de *C. arcuatus* como las que reporta Kilada en varias especies de crustáceos.

Solo se pudo identificar marcas finas cuya periodicidad de formación se calculó en 7.6 días, pero es necesario incrementar el número de ejemplares experimentales para estimar el periodo de formación.

La relación del grosor del pedúnculo ocular con el ancho de cefalotórax fue estadísticamente significativa, pero con una variabilidad alta.

Los resultados no son concluyentes sobre la validez de las marcas de crecimiento observadas para asignación de edad y deben realizarse más experimentos, homogenizando la fase de muda de los ejemplares experimentales.

IX.LITERATURA CITADA

- Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011. Comisión Nacional de Acuicultura Pesca. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
- Arciniega Flores J. y Mariscal Romero J. 2013. Estructura poblacional y crecimiento individual de *Callinectes arcuatus* en la laguna Barra de Navidad, Jalisco. *Ciencia Pesquera* (2013) 21(1):15-26.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.* 59:197-242.
- Crowley, Claire Elizabeth, 2012. Aging of Florida Blue Crabs, *Callinectes sapidus*, Through the Biochemical Extraction of Lipofuscin". Graduate Theses and Dissertations. <http://scholarcommons.usf.edu/etd/4022>. Accesada febrero 2014.
- Fischer, S. y Wolff, M. 2006. Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Fisheries Research* (77): 301-311.
- Fitz, H. C. and Wiegert, 1991. Tagging juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus*, with microwire tags: Retention, survival and growth through multiple molts *J. Crust. Biol.*, 11:229-235.
- Garcia R. 1973. Modificación al Sistema de clasificación climática de Köeppen. Offset Larios. México.
- Giraud-Guille M. M. 1984. Fine structure of the chitin-protein system in the crab cuticle . *TISSUE & CELL* 1984 16 (1) 75-92
- Ju, S. J., D. H. Secor, and H. R. Harvey. 2001. Growth rate variability and lipofuscin accumulation rates in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Marine Ecology-Progress Series* 224:197-205.
- Kilada KR. B. Sainte-Marie, R. Rochette, N. Davis, C. Vanier and S. Campana. 2012. Direct determination of age in shrimps, crabs and lobsters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1728-1733.
- Lankford, R. R., 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. In: M. WILEY (ed.), *Estuarine processes, circulation, sediments and transfer of materials in the estuary* Academic Press, New York, NY 182-215.
- Leland J., Coughran J. and Bucher J. 2011. A preliminary into the potential value of gastric mills for ageing crustaceans. *Marine Ecology Research Centre, School of Environmental Science & Management, Southern Cross University,*

Lismore Campus, New South Wales, Australia, 2480. Environmental Futures Centre, Griffith School of Environment, Gold Coast Campus, Griffith University, Queensland, Australia, 4222

- Moore N. H. y Slinn D. J. 1984. The physical Hidrology of a Lagoons System on the Pacific COSAT of México. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 19: 413-423.
- Morales-Nin B. 1991. Determinación del crecimiento de peces oseos en la base de la microestructura de los otolitos. FAO. Documeto técnico de pesca.
- Morales-Nin B. 1992. Deterination of growth in bony Fisher from otolith microestructure. ISBN 92-5-103115-0
- Muguiya Y., Watabe N., Yamada J., Dean M., Dunkelberger D. and Shimizkj M. 1981 Diurnal Rhythm in otolith formation in the Goldfish, *Carassius Auratus*. Department of Biology, University of South Carolina, Columbia SC., U.S.A. 29208
- Paul R.K.G. y Bowers A. B. 1982. The ecology and Penaeus of a coastal lagoon system in west México, *Oceanol*. 383-388.
- Petriella M. y Boschi E. 1997. Crecimiento en crustaceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Invest. Mar. Valparaíso*, 25: 135-157.
- Philippen, M. K., Webster, S. G., Chung, J. S. and Dircksen, H. 2000. Ecdysis of decapod crustaceans is associated with a dramatic release of crustacean cardioactive peptide into the haemolymph. *J. Exp. Biol*. 203,521 -536.
- Puckett, B. J., D. H. Secor, and S. J. Ju. 2008. Validation and application of lipofuscin- based age determination for Chesapeake Bay blue crabs (*Callinectes sapidus*). *Trans. Amer. Fish. Soc.*137:1637-1649.
- Ramos Cruz, S. 2008. Estructura y parámetros poblacionales de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) (Decapoda: Portunidae), en el sistema lagunar La Joya- Buenavista, Chiapas, México. Julio a diciembre de 2001. *Pan-Amer. J. Aqua. Sci.* (2008) 3(3): 259-268
- Rodríguez-Domínguez, G., S. Castillo-Vargas-Machuca, R. Pérez-González & E. A. Aragón-Noriega 2012. Estimation of the individual growth parameters of the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura, Portunidae) using a multi-model approach. 85(1): 55-69.
- Sakamoto K., Honto W., Iguchi M., Ogawa N., Ura K., Takagi Y. 2009. Post-Molt processes of cuticle formation and calcification in the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* *Fish Sci* (2009) 75:91–98.

- Van Montfrans, J., Capelli, J., Orth, R. J. and Ryer, C. H. 1986. Use of microwire tags for tagging juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal of Crustacean Biology* 6:370-376.
- Velázquez de la Cruz G., Ramírez de León J.A., Pérez Castañeda R., Reyes Lopez A. 2012 Aprovechamiento de la jaiba azul (*C. sapidus*) en la laguna madre Tamaulipas; ISBN 978-607-402-512-5.
- Waugh D., Feldmann M., Burrell L., Hull L., Hein K. and. Schweitzer E., 2009. Ontogenetic Variations in Cuticle Morphology in the Blue Crab *Callinectes sapidus* Source: *Journal of Crustacean Biology*, 29(2):141-156
- Zamora, O. A., Large-scale juvenile production of the blue crab *Callinectes sapidus*. *Aquaculture* 244:129-139. 2005

X. ABREVIACIONES

AC	Ancho de Cefalotórax
Mm	Milímetros
R ²	Coefficiente de determinación
°C	Grados centígrados
°	Grados
'	Minutos
"	Segundos
m	Metros
Km	Kilómetros
µm	Micrómetros

XI.GLOSARIO

Cohorte: En biología una cohorte es un conjunto de individuos, en este caso relacionados en un superorden taxonómico.

Crustáceo: Es un extenso subfilo de artrópodos, incluyen varios grupos de animales como langostas, camarones, cangrejos, entre otros, los crustáceos son fundamentalmente acuáticos y habitan en todas las profundidades.

Cutícula: Capa más externa de tres capas que forman la concha de los moluscos y que es responsable de la coloración de muchos de ellos. // Cubierta orgánica endurecida por la quitina de algunos invertebrados.

Ecdisis: Es un sinónimo de muda. Es el sentido de despojarse de la estructura externa que cubre a un organismo; la ecdisis o muda es la eliminación del exoesqueleto y posibilita el crecimiento.

Estero: Desembocadura de un río caudaloso en el mar. // Como estero se designa una extensión pantanosa de gran tamaño que suele llenarse de agua por la lluvia o por desborde de un río o laguna durante las crecientes (inundación).

Exoesqueleto: Es el esqueleto externo continuo que cubre, protege y soporta el cuerpo de un animal.

Laguna: Depósito natural de agua que puede tener diferentes dimensiones y formarse a partir de la desembocadura de un río o arroyo, o en su defecto en periodos de inundación por el desborde de uno de ellos y el posterior estancamiento de las aguas. Generalmente se componen de agua salada.

Mangle: Es un árbol de las rizofóreas que tiene frutos, llega a medir hasta 15 m de altura, el mangle es exclusivamente tropical e intermareal, teniendo por lo tanto el suelo o sedimento saturado de agua salada. En ellos se encuentran una gran variedad de especies de animales y vegetales.

Marea Es el cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por la fuerza de atracción gravitacional que ejerce el sol y la luna sobre la tierra.

Marisma: Terreno pantanoso situado por debajo del nivel del mar, que a sido invadido por las aguas del mar o de un río.

Pleamar: Nivel más alto que alcanza el agua del mar durante la marea alta.

Tapo: Arte de pesca fija hecha con varas de mangle, la cual evita que el camarón emigre.

Taxonomía: Es la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación científica; en biología se aplica para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales.